

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/046535 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02M 21/06,  
F02B 43/10, F02M 25/10

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012757

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. November 2003 (14.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 54 156.6 20. November 2002 (20.11.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (DE/DE);  
Abraham-Lincoln-Strasse 21, 61589 Wiesbaden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ADLER, Robert  
[AT/AT]; Lorenz-Steiner-Gasse 34, A-2201 Gerasdorf  
(AT).

(74) Anwalt: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT; Zentrale  
Patentabteilung, 82049 Höllriegelskreuth (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AB, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,  
TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: EFFICIENCY INCREASE IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES POWERED BY HYDROGEN

(54) Bezeichnung: WIRKUNGSGRADERHÖHUNG VON MIT WASSERSTOFF BETRIEBENEN VERBRENNUNGSMOTO-  
REN

(57) Abstract: A method is disclosed, for the introduction of a combustible medium, in particular a cryogenic medium, such as hydrogen, for example, into an internal combustion engine. According to the invention, the medium is heated before the introduction thereof into the internal combustion engine, at least to ambient temperature, preferably to a temperature of at least 500 °C and introduced into the internal combustion engine at a pressure of between 100 and 500 bar. The heating of the medium is preferably achieved at least partly in heat exchange with the or an exhaust stream from the internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor beschrieben. Erfindungsgemäss das wird Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von 1 wenigstens 500 °C erwärmt und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar zugeführt. Hierbei erfolgt die Erwärmung des Mediums vorzugsweise zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors.



WO 2004/046535 A1

## Beschreibung

### Wirkungsgraderhöhung von mit Wasserstoff betriebenen Verbrennungsmotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise

5 Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor.

Bei gattungsgemäßen Verfahren zum Zuführen eines Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, in einen Verbrennungsmotor – bisher kommt zu diesem Zweck ausschließlich Wasserstoff zur Anwendung – weisen die ggf. modifizierten

10 Verbrennungsmotoren üblicherweise ein Wasserstoff-Saugrohreinjectionssystem auf, wobei dieses im Wesentlichen den bei herkömmlichen Otto-Motoren verwendeten Saugrohreinjectionssystemen entspricht.

Aufgrund des schlechten Wirkungsgrades derartiger Verbrennungsmotoren mit

15 Wasserstoff-Saugrohreinjection werden augenblicklich Versuche mit Common-Rail-Hochdruck-Einjectionssystemen durchgeführt.

Common-Rail-Hochdruck-Einjectionssysteme können zwar den Wirkungsgrad eines Verbrennungsmotors nicht wesentlich verbessern, jedoch kann mit ihnen die

20 Hubraumleistung angehoben werden.

Von Nachteil bei den bisher zur Anwendung kommenden Verbrennungsmotoren mit Wasserstoff-Saugrohreinjection ist, dass der gasförmige Wasserstoff im Saugrohr einen beachtlichen Teil der Ansaugluft verdrängt und damit weniger Sauerstoff für die

25 Verbrennung zur Verfügung steht. Dies hat zur Folge, dass die Hubraumleistung von mit Wasserstoff betriebenen Verbrennungsmotoren mit Saugrohreinjection deutlich geringer als bei einem Benzin- oder Dieselmotor.

Bei einer Hochdruck-Einjection des gasförmigen Wasserstoffs in den

30 abgeschlossenen Zylinder – also bei geschlossenem oder geschlossenen Saugventilen – entfällt dieser Nachteil. Um Verdichtungsarbeit einzusparen, erfolgt die Einjection des gasförmigen Wasserstoffs in den abgeschlossenen Zylinder vorteilhafterweise erst knapp vor dem oberen Totpunkt des Kolbens.

Die Temperatur der Ansaugluft im oberen Totpunkt beträgt ca. 275 °C. Wird nunmehr kalter Wasserstoff in den Brennraum des Zylinders eingespritzt, wird die Verdichtungstemperatur gesenkt und damit Verdichtungsarbeit vernichtet.

5

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Verfahren zum Zuführen eines Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums in einen Verbrennungsmotor anzugeben, das die vorgenannten Nachteile vermeidet.

10

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein gattungsgemäßes Verfahren vorgeschlagen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von wenigstens 500 °C erwärmt wird und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar, vorzugsweise mit einem Druck zwischen 200

15

und 300 bar zugeführt wird.

Die Höhe der Temperatur, auf die das dem Verbrennungsmotor zugeführte Medium erwärmt wird, bestimmt sich auch danach, ob das im Brennraum des Zylinders entstehende Luft/Medium-Gemisch fremdgezündet wird oder sich selbst entzündet.

20

Im Prinzip gilt, dass die Temperatur, auf die das dem Verbrennungsmotor zugeführte Medium erwärmt wird, nicht hoch genug sein kann. Die Temperaturobergrenze bestimmt sich im Einzelfall nach der Art des Mediums sowie der für die Erwärmung des Mediums verfügbaren Energie.

25

Der erforderliche Einspritzdruck von 100 und 500 bar kann insbesondere bei der Verwendung von flüssigem Wasserstoff als Kraftstoff bereits in dem Wasserstoff-Speicherbehälter in der Flüssigphase vergleichsweise effizient aufgebaut werden.

30

Entsprechend einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Zuführen eines Mediums in einen Verbrennungsmotor erfolgt die Erwärmung des Mediums vor der Zuführung in den Verbrennungsmotor zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors.

Zu der vorgenannten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind alternative oder ergänzende Verfahrensweisen denkbar, wie bspw. elektrische Beheizung, Beheizen durch Verbrennen eines Teiles des Mediums, etc. Diese alternativen oder ergänzenden Verfahrensweisen werden zweckmäßigerweise  
5 überwiegend während der Startphase des Verbrennungsmotors zur Anwendung kommen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Zuführen eines Mediums in einen Verbrennungsmotor ermöglicht eine Steigerung des Wirkungsgrades eines  
10 Verbrennungsmotors bis ca. 50 %; die jeweilige Steigerung des Wirkungsgrades ist jedoch abhängig von dem gewählten Verdichtungsverhältnis sowie dem gewählten Einspritzdruck.

Das vorbeschriebene Konzept ist sinngemäß für alle als Kraftstoffe verwendbaren  
15 Medien, die bei den realisierten Temperaturen nicht zerfallen bzw. kracken, anwendbar. Bei diesen Kraftstoffen wird in der Flüssigphase der Druck erhöht und danach vor der Einspritzdüse verdampft.

Bei gasförmigen Kraftstoffen, wie bspw. Erdgas oder  $\text{GH}_2$ , kann nur ein Teil der  
20 Energie gewonnen werden, da der Kraftstoff gasförmig verdichtet werden muss – allerdings hilft hier der Tankdruck in den Speicherbehältern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Zuführen eines in einem Verbrennungsmotor verbrennbaren Mediums, insbesondere eines kryogenen Mediums, wie beispielsweise Wasserstoff, in einen Verbrennungsmotor, dadurch gekennzeichnet, dass das  
5 Medium vor seiner Zuführung in den Verbrennungsmotor wenigstens auf Umgebungstemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur von wenigstens 500 °C erwärmt wird und dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 100 und 500 bar zugeführt wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erwärmte Medium dem Verbrennungsmotor mit einem Druck zwischen 200 und 300 bar zugeführt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung des Mediums zumindest teilweise im Wärmetausch mit dem oder einem der Abgasströme des Verbrennungsmotors erfolgt.